

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Laiva- ja venetekniikka

2014

Antti Uhmavaara

KEMIKAALITANKKERIN KANSIJÄRJESTELY



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Uhmavaara

KEMIKAALITANKKERIN KANSIJÄRJESTELY

Työn tarkoituksena on koota yleiskuvaus kemikaalitankkerin kansijärjestelystä. Työn on tarkoitus helpottaa suunnittelijoita hahmottamaan kemikaalitankkerin kansijärjestelyyn vaikuttavia tekijöitä.

Kemikaalitankkeri on kauppalaivoista yksi monimutkaisimmista. Laaja kirjo erilaisia lastityyppejä vaatii laitteistojen ja materiaalien suhteen erityissuunnittelua. Lasti on usein vaarallista tai haitallista ihmisille ja ympäristölle. Jotta lasti saadaan turvallisesti, tehokkaasti ja laadullisesti hyvänä perille, on matkan valmistelu aloitettava jo suunnittelupöydältä.

Lastien erityislaatuisuuden vuoksi materiaaleilta vaaditaan normaalia irtolasti- tai tankkilaivaa suurempaa kestävyyttä. Lastitankit on usein valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Tankkien muotoon on kiinnitetty erityistä huomiota. Tankkien pitää olla puhtaat vanhasta lastista ennen uutta lastausta. Tankkien seinien muotoilulla sekä varusteiden sijoittelulla pystytään helpottamaan seinien pesua.

Turvallisuuden huomioon ottaminen on kemikaalitankkerin suunnittelussa, rakentamisessa ja operoinnissa erityisen tärkeää. Ympäristön, miehistön ja lastin turvallisuuteen on panostettu niin teknisin järjestelmin kuin säännöinkin.

Lopputuloksena on saatu aikaan kokoelma osasta kemikaalitankkerin kansijärjestelystä. Kemikaalitankkerin keskeisimmät laitteet, laitteistot ja järjestelmät on esitelty.

ASIASANAT:

Laiva, kemikaalitankkeri, meriteollisuus, kansijärjestely

Antti Uhmavaara

THE DECK ARRANGEMENT OF A CHEMICAL TANKER

The purpose of the work was to compile an overview of the deck arrangement of a chemical tanker. The aim was to help designers to perceive what affects in the design of a deck arrangement.

Chemical tankers are among the most complex of merchant ships. A wide range of cargo types requires equipment and materials in terms of specific design. Cargo is often dangerous or harmful to humans and the environment. In order for the cargo to reach the destination safely, efficiently and in a good condition, a good preparation for the journey has to start from the design stage.

Due to the specific nature of the cargo, materials need greater endurance than in a normal bulk or tank carrier. Cargo tanks are often made of stainless steel. The shapes of the tanks have been given special attention. Tanks must be clean from the previous cargo before loading the new cargo to them. The proper design of the tank walls can ease their washing.

Paying attention to the safety in the design, building and operation of a chemical tanker is one of the most important matters. When it comes to the safety of the environment, crew and cargo investments are made in the technical systems as well as rules and regulations.

As an end result, a compilation of a part of the deck arrangement of a chemical tanker is presented with the essential appliances, equipment and systems.

KEYWORDS:

Ship, Chemical tanker, Deck arrangement, Naval industry

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 YLEISTÄ KEMIKAALITANKKEREISTA	8
2.1 Kemikaalitankkeri	8
2.2 Erityispiirteet	8
2.3 Luokittelu	9
2.4 IBC-ohjesääntö	10
2.5 Riskialueet	10
3 KANSIJÄRJESTELYT	13
3.1 Putkijärjestelmät	13
3.1.1 Lastilinjat	14
3.1.2 Jakoyhde	14
3.1.3 Ilmaputket lastialueella	14
3.1.4 Lasikuituvahvisteiset epoksiputket (GRE)	15
3.1.5 Lastilinjojen tyhjennys	15
3.2 Kulkujärjestelyt huoltoa ja operointia varten	16
3.2.1 Tankkien kulkujärjestelyt	17
3.2.2 Luukut	17
4 LASTITANKIT	18
4.1 Materiaalit ja pinnoitteet	18
4.2 Sijoittelu	19
4.3 Tankkien muoto	19
4.4 Tankkien varustelu	20
4.4.1 Pesu	20
4.4.2 Kuivaus	22
4.4.3 Tuuletus ja P/V-venttiilit	22
4.4.4 Suojakaasu	23
4.4.5 Korkeusanturit	23
4.4.6 Kaasuntunnistusjärjestelmä	24
4.5 ODME-järjestelmä	25

4.6 Slop-tankit	25
5 LASTIJÄRJESTELMÄT	26
5.1 Lastipumput	26
5.2 Lämmitys	27
5.3 Jäähdytys	29
5.4 Lastin lämpötilan seuraaminen	29
5.5 Kaasun paluulinja	30
5.6 Energian talteenotto	30
6 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	32

KUVAT

Kuva 1. Tyyppien 1, 2 ja 3 periaatteelliset poikkileikkaukset.	9
Kuva 2. Esimerkki riskialueista kemikaalitankkerissa (Tveit 2013).	11
Kuva 3. Esimerkki kemikaalitankkerin lastialueesta (Tveit 2013).	13
Kuva 4. Erään Stolt-varustamon kemikaalitankkerin kansi kulkusiltoineen (Deltamarin 2014).	16
Kuva 5. Esimerkki korrugoiduista poikittais- ja pituuslaapiosta (Alanko 2011, VIII-17).	20
Kuva 6. Tankkipesuri ja pesurin pesukuvio (Butterworth 2014).	21
Kuva 7. Hydraulisesti toimiva lastipumppu (Framo 2014).	27
Kuva 8. Kaavio kuumaöljykäyttöisestä kaksipiirisestä tankinlämmitysjärjestelmästä (Tveit 2013).	28
Kuva 9. Slingaputkia (Tveit 2013).	29

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

DWT	Deadweight tonnage, kuollut paino on sama kuin aluksen kantavuus eli aluksen vesivarastojen, tarvikkeiden, polttoaineen, lastin ja henkilöiden suurin yhteispaino
IBC Code	IBC -ohjesääntö, International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous Chemicals in Bulk
IMO	International Maritime Organization, Kansainvälinen merenkulkujärjestö
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
Korrugoitu laipio	Poimutettu laipio, laipiotyyppi jossa tukirakenteet korvattu poimuttamalla laipiota
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
ODME	Oil Discharge Monitoring Equipment, öljyn mereenpäästön mittaamislaitteisto
Offshore	Meritekninen toimiala, johon kuuluu merenpohjan tutkimus ja hyödyntäminen avomerellä
P/V-venttiili	Pressure/Vacuum valve, paine/vakuumi -venttiili
SOLAS	The International Convention for the Safety of Life at Sea, Kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä
Tankkeri	Nesteiden tai nesteytettyjen kaasujen kuljetusalus, säiliölai-va, tankkialus, -laiva

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on laatia koottu teos kemikaalitankkerin kansijärjestelyn tekniikasta ja tunnistaa kemikaalitankkerin kansijärjestelysuunnitteluun vaikuttavat oleelliset tekijät. Tarkoituksena on esitellä eri laitteet ja niiden valintaan ja suunnitteluun vaikuttavat tekijät niin, että suunnittelija saa hyvän yleiskuvan kemikaalitankkerista. Lisäksi tavoitteena on tutustua suunnitteluun vaikuttaviin sääntöihin ja suosituksiin.

Työn toimeksiantaja on Deltamarin Group. Deltamarin Group tarjoaa palveluja maailmanlaajuisesti seuraaville toimialoille: laivanvarustus, laivanrakennus, meripuolustus, merenkulku ja offshore. Palvelutarjonta kattaa laajasti suunnittelun kannattavuustutkimuksista konseptikehitykseen, perussuunnitteluun sekä kokonaisvaltaisiin suunnittelukokonaisuuksiin sisältäen rakennusvalvonnan.

Yhtiön pääkonttori sijaitsee Turussa ja kaksi muuta Suomen konttoria Helsingissä ja Raumalla. Suomen ulkopuolisia konttoreita on muun muassa Puolassa, Kroatiassa, Kiinassa ja Malesiassa. Yrityksen palveluksessa on yli 400 henkilöä, joista 250 työskentelee Suomessa. Deltamarin on AVIC International Maritime Holdings Limited -nimisen yrityksen tytäryhtiö. (Deltamarin 2014.)

2 YLEISTÄ KEMIKAALITANKKEREISTA

2.1 Kemikaalitankkeri

Kemikaalitankkeri on nestemäisen irtolastin kuljettamiseen rakennettu tai muutettu tankkialus. Kemikaalitankkerin nestemäiset irtolastit ovat listattuna IBC -ohjesäännöissä kappaleessa 17. (IBC Code, 2014).

Kemikaalitankkerin koko vaihtelee yleensä 1 000–60 000 dwt:n välillä. Usein se on alle 10 000 dwt. Tämä on huomattavasti vähemmän kuin tavanomaisen tankkialuksen koko. Syy johtuu lastin erityislaatuudesta ja rajoituksista satamaterminaalien lastinkäsittelyolosuhteissa. Pituudet ovat 60–220 metriä. Alusten nopeudet ovat useimmiten 13–16 solmun väliltä. (Alanko 2011, VIII-2.)

Danmarks Skibskredit A/S jaottelee kemikaalitankkerit kokonsa puolesta kolmeen kokoluokkaan; avomeren, keskikoon ja rannikkovesien aluksiin. Avomeren alukset ovat suurimpia, ja ne on tarkoitettu mannertenväliseen liikenteeseen. Koko on vähintään 20 000 dwt. Keskikoon laivat ovat 10 000–19 999 dwt, ja ne toimivat linkkeinä syvänmeren ja rannikkovesien aluslohkojen välillä. Rannikkovesien alukset ovat pienempiä kuin 10 000 dwt, ja ne toimivat lähinnä Euroopassa ja Aasiassa. (Danmarks Skibskredit A/S 2014.)

2.2 Erityispiirteet

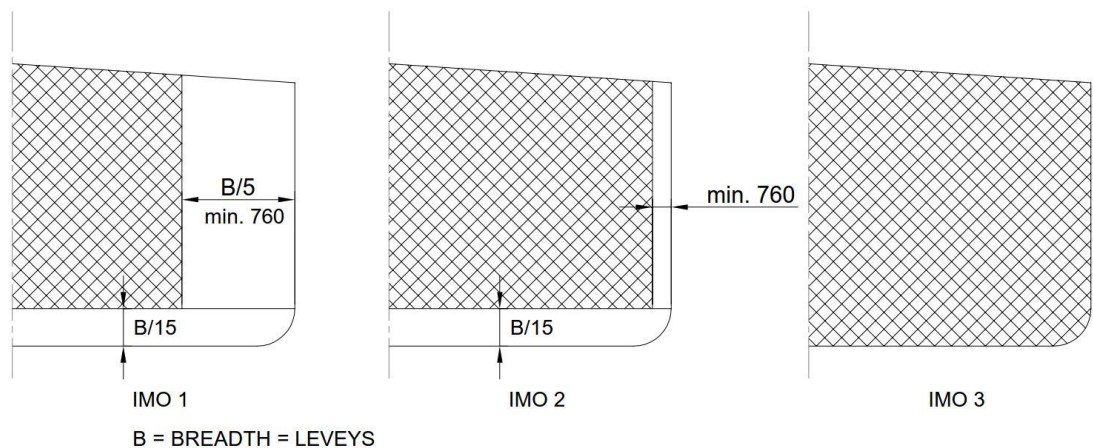
Kemikaalitankkerissa voi olla kymmeniä erilisiä lastitankkeja ja niissä samanaikaisesti eri lasteja. Joitakin kemikaaleja, esimerkiksi vetyperoksidia, ei saa kuitenkaan kuljettaa kuin ainoana lastina. Laivat liikkuvat erittäin usein osalastissa. Koska lasti on usein ympäristönsä kanssa reagoivaa, on tankit joko valmistettu ruostumattomasta teräksestä tai päällystetty erikoispinnoitteella.

Kemikaalitankkerin lasti voi vaatia kuljetukselta erityistoimenpiteitä. Osaa lasteista voidaan joutua lämmittämään, osaa jäähdyttämään. Suojakaasua käytetään putkien puhtaaksi puhallukseen ja lastitankkien tyhjän tilan sekä niitä ym-

päroivien tilojen täyttöön. Suojakaasun tarkoituksena on kemikaalien reagoimisen ja vaarallisten tai räjähdysherkkien kaasuseosten muodostumisen estäminen. (Alanko 2011, VIII.)

2.3 Luokittelu

IMO:n IBC-säännöt jakavat kemikaalitankkerit kolmeen luokkaan niiden kuljetettaman lastin vaarallisuuden mukaan. Kuvassa 1 on esitetty periaatteelliset poikkileikkaukset eri vaarallisuusluokista.



Kuva 1. Tyyppien 1, 2 ja 3 periaatteelliset poikkileikkaukset.

- IMO 1, Tämä kuljettaa kaikkein vaarallisinta lastia. *"A type 1 ship is a chemical tanker intended to transport chapter 17 products with very severe environmental and safety hazards which require maximum preventive measures to preclude an escape of such cargo."*
- IMO 2, Tämä kuljettaa vaarallista lastia. *"A type 2 ship is a chemical tanker intended to transport chapter 17 products with appreciably severe environmental and safety hazards which require significant preventive measures to preclude an escape of such cargo."*

- IMO 3, Tämä kuljettaa melko vaarallista lastia. *"A type 3 ship is a chemical tanker intended to transport chapter 17 products with sufficiently severe environmental and safety hazards which require a moderate degree of containment to increase survival capability in a damaged condition."* (Alanko 2011, VIII-9; IBC Code 2014.)

IMO 3 -luokan kemikaalitankkeria kutsutaan usein myös kemikaali-/tuotetankkeriksi koska niitä käytetään myös öljytuotteiden kuljetukseen.

2.4 IBC-ohjesääntö

Kemikaalitankkerin tulee täyttää normaalit IMO:n ja luokituslaitoksen säännöt. Näitä ovat muun muassa SOLAS ja MARPOL Annex II. Kemikaalitankkerille on sen erityislaatuisuuden vuoksi oma, tarkempi säännöstö, IBC-ohjesääntö (englanniksi IBC Code). Se sisältää kansainväliset standardit vaarallisten ja haitallisten aineiden kuljetukseen turvallisesti merellä. Ohjesäännön tarkoituksena on määrittää laivan suunnittelun, rakenteiden ja laitteistojen standardit riskien minimoimiseksi niin laivalle, miehistölle, lastille kuin ympäristöllekin. (Tveit 2013.)

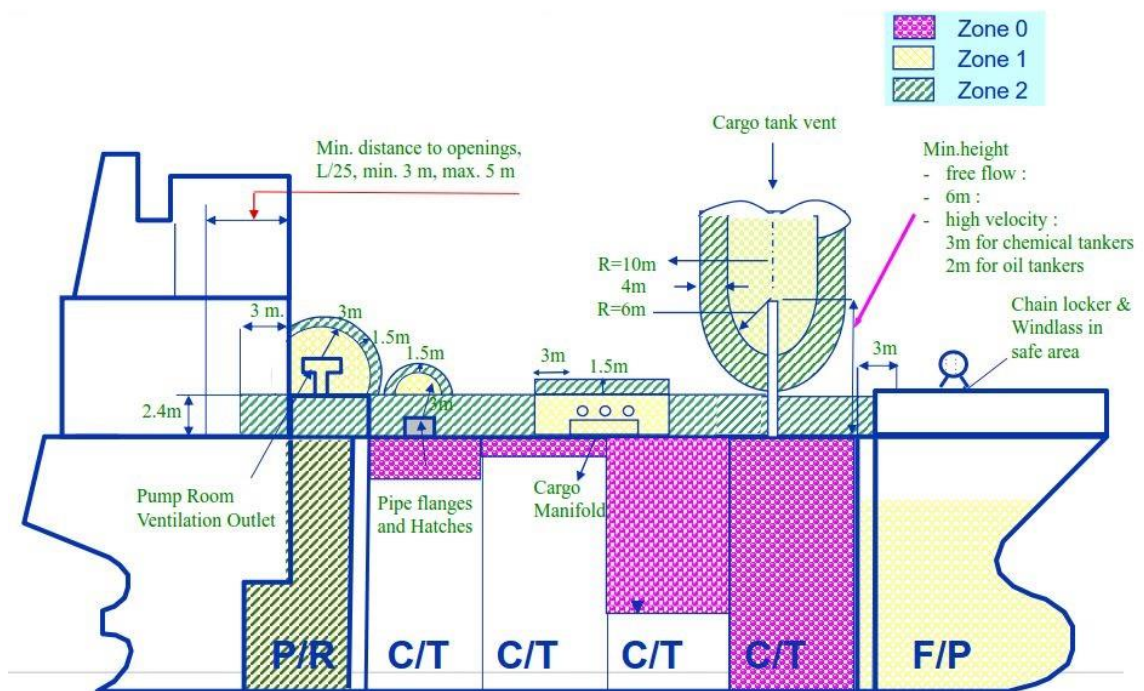
2.5 Riskialueet

Riskialueet (englanniksi hazardous area) ovat alueita, joissa on paloherkkiä nesteitä, höyryjä, kaasuja tai pölyjä siinä määrin, että ne voisivat aiheuttaa tulipalon tai räjähdysen.

Näillä alueilla on käytettävä erityisiä ex-laitteita. Ex-laitteita on eriasteisia niiden turvallisuuden mukaan. Pääsääntö on kuitenkin se, että ne eivät aiheita mahdollista tulipaloa tai räjähdystä kipinän tai muun syyn takia. Kemikaalitankkerin lastin luonteen takia iso osa laivasta on eriasteisia riskialueita.

Alueet jaetaan kolmeen lohkokoon (englanniksi zone) IEC:n standardissa 60079-10 vaarallisuuden mukaan:

- Zone 0: Jatkuvasti tai pitkäkestoisesti yllä oleva, mahdollisesti räjähdysvaarallinen atmosfääri
- Zone 1: Silloin tällöin tai normaalin työskentelyn aikana yllä oleva räjähdysvaarallinen atmosfääri: 10–1000 tuntia vuodessa
- Zone 2: Harvoin ja silloinkin lyhytaikaisesti yllä oleva räjähdysvaarallinen atmosfääri: alle 10 tuntia vuodessa, vaara epänormaaleissa olosuhteissa



Kuva 2. Esimerkki riskialueista kemikaalitankkerissa (Tveit 2013).

IEC:n standardi 60092-502 *"Electrical Installations in Ships – Tankers"* tarkoittaa sähköasennuksia kemikaalitankkerissa.

Kemikaalitankkereissa on kannen jäykisteet rakennettu usein kannen päälle. Tämä aiheuttaa kuvassa 2 näkyvän kannen päällä olevan Zone 2:n muuttumisen Zone 1:ksi. Muutoksen lisäksi tule Zone 1:n päälle vielä 1,5 metriä Zone 2:ta. Perusteluna on rajoittunut luonnollinen tuulettuminen jäykisterakenteiden takia kannen päällä. (Tveit 2013.)

Tyypillisiä jakoja eri alueiden välillä:

- Zone 0:
 - Lastitankit ja tankit, joissa on räjähdysherkkää lastia kuten slop- ja jäännöstankit.
- Zone 1:
 - Kofferdamit, tyhjät tankit ja painolastitankit, jotka ovat lastitankkien viereisiä
 - Painolastin pumppuhuoneet, jotka ovat lastitankkien viereisiä
 - Tilat, joissa on lastia sisältäviä putkia
 - Tietty etäisyydet vapautusventtiileistä, laipoista, lastiluukuista, roiskekeräimistä ja muista vuotolähteistä
 - Kaasumatto lastikannella, kun kannen jäykisteet ovat yläpuolella
 - Tilat, joissa on aukko Zone 1:een
- Zone 2:
 - Tilat lastiletkuille
 - Painolastin pumppuhuoneet, jotka eivät ole lastitankkien viereisiä
 - 1,5 metrin alue lastikannen Zone 1:n päällä (Tveit 2013.)

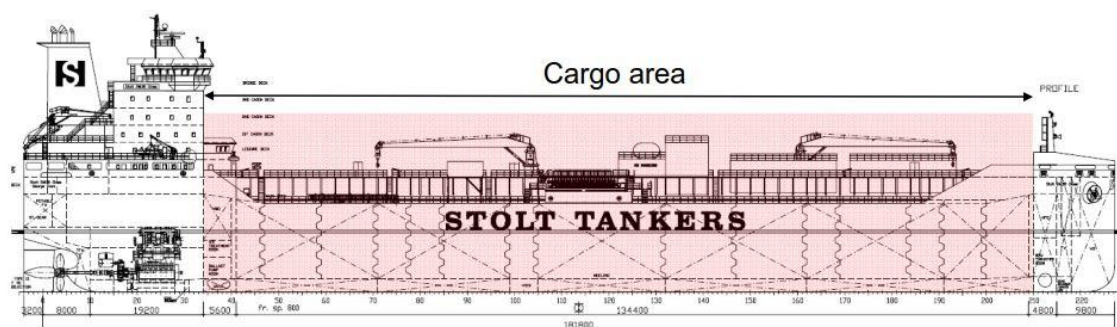
3 KANSIJÄRJESTELYT

3.1 Putkijärjestelmät

Kemikaalitankkerin putket ovat ruostumatonta terästä. Putkissa saa olla vain minimimäärä liitoksia lastiventtiilien, lastipumppujen ja läpivientien tarkoituksiin. Muuten liitokset täytyy tehdä hitsaamalla. Tämä sääntö koskee lastiputkia, stripping-putkia, tankinpuhdistusputkia jos lastia käytetään puhdistusaineena, perän purku/lastausputkia ja perän höyrynpaluulinjaa. Liukuvat jatkokset eivät ole sallittuja. Laajenevat jatkot ovat sallittuja, mutta eivät suositeltavia. (Tveit 2013.)

Putkijärjestelmät (tuuletus mukaan luettuna) lastialueella (kuva 3.) tulee olla erilliset muista putkijärjestelmistä aluksella. Poikkeuksia ovat;

- Järjestelmät, jotka virtaavat vain lastialueelle päin ja joissa on takaisinvirtaus estetty
- Hydrauliöljyjärjestelmät venttiileille ja pumpuille
- ODME- ja kaasuntunnistusjärjestelmien putket näytehuoneeseen
- Höyry-, kondensaatti- ja kuumaöljyputket (jos vuodot huomataan ja voidaan estää)



Kuva 3. Esimerkki kemikaalitankkerin lastialueesta (Tveit 2013).

Painolastipumput, pilssipumput ja muut tankkien (pois lukien polttoainetankit) palvelupumput tulee sijoittaa lastialueelle. Lastialueen painolastin pumppuhuo-

neet, void-tankit ja kofferdamit täytyy varustaa kiinteällä pilssivesijärjestelmällä joko tankkiin tai mereen tyhjennyksellä. Lastialueilla ja konealueilla täytyy olla erilliset pilssivesijärjestelmät. Myös painolastin pumppuhuoneilla täytyy olla erilliset viemäroinnit eri riskialueilla. (Tveit 2013.)

3.1.1 Lastilinjat

Lastilinjajärjestelyjen tarkoituksen pääpiirteenä on liikuttaa lasti tankeista pumpujen kautta jakoyhteeseen. Linjat täytyy järjestää niin, että eri lastit pysyvät toisistaan erillään halutulla tavalla. Linjojen täytyy olla itsetyhjentyviä. Taskut eivät ole sallittuja. Mitä yksinkertaisempi putkisto on ja mitä vähemmän siinä on mutkia, sitä helpompaa on sen puhdistaminen.

Putkien koko määräytyy pumpun kapasiteetin ja lastaus-/purkunopeuden mukaan. Lastin nopeus putkissa voi olla noin 6 metriä sekunnissa. Putkien materiaali on ruostumaton teräs. Pääkannella olevat putket voivat olla eristettyjä. (DM Basic Design.)

3.1.2 Jakoyhde

Lastin lastausta ja purkua varten on kannelle suunniteltava lastin jakoyhde (englanniksi cargo manifold). Hyvä ja käytännöllinen jakoyhdealue on hyvin tärkeä lastin purun ja lastauksen sujumiseksi. Tämä takia alueen suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota. (DM Basic Design.)

Jakoyhteen venttiilit täytyy olla terästä ja liitokset täytyy olla laipalliset.

3.1.3 Ilmaputket lastialueella

Painolastitankkien ilmaputkissa ei ole välttämätöntä olla liekinpidättimiä luokan sääntöjen mukaan jos tankissa on kaksi ilmaputkea. Liekinpidättimet kasvatta-

vat painehäviötä. Liekinpidättimet vaaditaan kofferdamien ja void-tankkien ilma-putkille.

Painolastitankeille, void-tankeille ja kofferdameille, jotka ovat kiinni lastitankeissa, inertointi on pakollinen. Jotta inerttikaasu ei karkaisi tilasta, erityisten suljetavien ilmaputkien käyttö on suositeltavaa. (Tveit 2013.)

3.1.4 Lasikuituvahvisteiset epoksiputket (GRE)

Lasikuituvahvisteista epoksiputkea (GRE, Glass Reinforced Epoxy) voidaan käyttää pilssi- ja painolastijärjestelmissä jos putki on:

- tyyppihyväksytty
- sähköä johtavaa
- käytetty vain painolastitankeissa, kofferdameissa ja void-tankeissa, ei kannella. Mahdollisesti käyttö on hyväksytty myös painolastin pumppuhuoneessa.

Lasikuituputken käytössä on huomioitava, että putki on haurasta. Valmistajan ohjeet putkien linjauksesta ja kiinnittämisestä sekä liittämisestä ja jatkamisesta on huomioitava. Putkia on käsiteltävä varovasti ja ne on suojattava mahdollisilta tippuvilta kappaleita. (Tveit 2013.)

3.1.5 Lastilinjojen tyhjennys

Lastilinjat tyhjennetään aina lastauksen ja purun yhteydessä. Lastijäämät siirretään joko lastitankkeihin (lastauksessa), slop-tankkeihin tai säiliöihin maissa (purussa). Laivan koosta riippuen lastilinjoissa voi olla lastijäämiä useiden kuumtioiden verran.

Putket tyhjennetään kahta periaatetta hyväksikäyttäen. Järjestelmän korkeimmasta kohdasta johdetaan paineistettua typpeä. Typpi syrjäyttää lastijäämät ja työntää sitä eteenpäin. Jotta tapa olisi tehokas, on putkien oltava kaltevia. Myös toisessa tavassa putkeen johdetaan paineista typpeä. Syrjäyttämisen sijaan

tämä periaate toimii typpikaasun nopeuden avulla. Paineinen typpi vetää lastijäämät mukanaan. Paineen on oltava riittävä, eikä putkissa saa olla virtauksen suuntaan nousuja. Tyhjennyspäässä paine lasketaan syöksyventtiilin kautta tankkiin tai säiliöön.

Lastipumpun ja nousuputken viimeistelypuhdistus (englanniksi stripping) tehdään normaalisti syrjäyttämällä pientä putkea pitkin järjestelmässä jäljellä oleva lasti käyttämällä paineistettua typpeä tai ilmaa lastista riippuen. (Tveit 2013.)

3.2 Kulkujärjestelyt huoltoa ja operointia varten

Kemikaalitankkerin kannella on valtava määrä putkia ja laitteita, joten vapaata kansipinta-alaa ei ole (kuva 4). Tämän takia kannelle järjestetään kulkumahdollisuus kulkusilloilla. Kulkusilta kulkee läpi laivan asuintiloista keulapiikkiin. Kulkusillan leveys on kaksi metriä. Iso työskentelytila sijoitetaan jakoyhteen yhteyteen. Pitkiin rakenteisiin tehdään liikuntasaumot.



Kuva 4. Erään Stolt-varustamon kemikaalitankkerin kansi kulkusiltoineen (Deltamarin 2014).

Turvallisuus on otettava suunnittelussa hyvin huomioon. Sillat on varustettu kai-tein, avoimia luokkuja ei saa olla ja portaissa täytyy olla kädensijat. Liukueste-maaliala käytetään rappusten ylä- ja alapäässä. (DM Contract Specification 2013.)

3.2.1 Tankkien kulkujärjestelyt

Ihmisten tulee päästä tankkeihin sisälle erilaisia huoltotöitä varten. IBC -koodi vaatii, että (esim. paareilla makaava) tajuton ihminen, jolla on suojanaamari, on saatava kannelle mistä tahansa osasta tankkia tai tilaa. Tankit varustetaan tik-kain ja rappusin. (DM Contract Specification 2013.)

3.2.2 Luukut

Jokaiseen lastitankkiin tulee yksi kulkuluukku. Luukku sijoitetaan tankin etu-osaan. Luukun ympärille varataan tarpeeksi tilaa kolmijalalle tavarankaskua ja nostoa varten. Luukun koko on noin 900 millimetriä halkaisijaltaan. Kannen ta-solla se on ovaali kokoa 900 * 1200 millimetriä. Luukun kauluksen korkeus on noin 800 millimetriä.

Lastitankkiin asennetaan myös kaksi Butterworth-luukkua. Toisen täytyy olla lähellä lastipumppua. Luukkuihin täytyy pystyä asentamaan liikuteltavat tankin-pesurit. (DM Contract Specification 2013.)

4 LASTITANKIT

4.1 Materiaalit ja pinnoitteet

Laivoissa tankit ovat normaalisti osa runkoa, ja ne tehdään tavanomaisista laivateräksistä. Kemikaalitankkerissa tankit ovat useimmiten erikoismaalattua laivaterästä, ruostumatonta terästä tai alumiinia. Laivateräksestä valmistetut tankit maalataan. Maalina voi olla sinkki- tai epoksimaali. Ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tankkeja tarvitaan aggressiivisten aineiden, kuten rikki- tai fosforihapon kuljetukseen, kun taas pinnoitettu tankki riittää miedommille aineille kuten kasviöljyille. (Alanko 2011, VIII-2; Chemical Tanker Guide 2014.)

Lastin tiheys on usein suuri, jopa $2,5 \text{ t/m}^3$. Tästä seuraa lastitankkien kestävyysden suurempi mitoitus esimerkiksi verrattuna raakaöljytankkereihin, joissa tiheys on mitoitettu noin $1,025 \text{ t/m}^3$ tiheyksille lastille. (Alanko 2011, VIII-5.)

Ruostumattomien terästen käyttö mahdollistaa laajemman sallittujen lastien kirjon. Se on kuitenkin altis reagoimaan kloorattujen yhdisteiden kanssa. Merivedellä pesua tulisi ruostumattomien terästen kohdalla välttää. Välitön makealla vedelle huuhtelu on silloin ehdoton.

Ruostumattoman teräksen korkeampi hinta ja sen hankalampi käyttö telakkaolosuhteissa otetaan huomioon suunnittelussa. (Alanko 2011, VIII; Chemical Tanker Guide 2014.)

Ruostumattomista teräksistä on käytössä kahta perustyyppiä:

- faasirakenteeltaan austeniittista (AISI)
- faasirakenteeltaan ferriittisausteniittisia teräksiä, joiden lämpölaajeneminen on huomattavasti vähäisempää verrattuna austeniittisiin teräksiin. (Räisänen 2000, 19-4.)

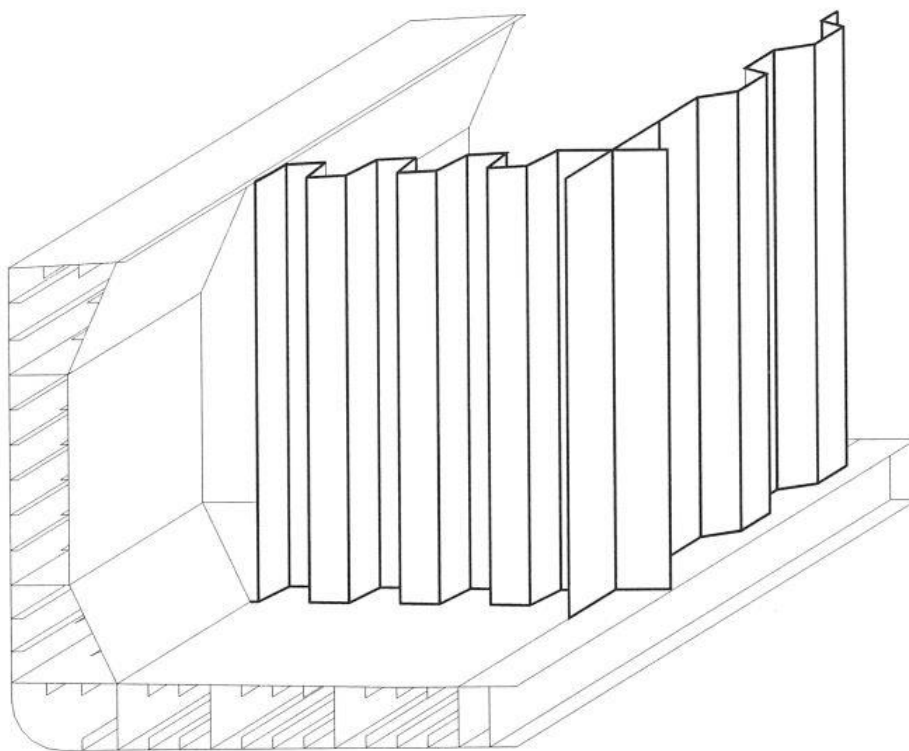
4.2 Sijoittelu

Tankit sijaitsevat kansimökistä eteenpäin. Tankit on usein jaettu keskilinjaa suhteiden styypuurin ja paapuurin puoleisiin tankkeihin. Tankit voivat olla integroitua tai itsenäisiä. Integroitu tankki on osa laivan runkoa ja osallistuu laivan kokonaislujuuteen. Itsenäinen tankki on erillinen eikä se ole rungon kiinteä osa. Tankki on itsenäinen vain erikoistilanteissa.

Tankkien maksimikoot ja pituudet määräävät MARPOL-säännöt. Tankit saa lastata vain 98 prosenttisesti täyteen, jotta nesteelle jää tilaa laajeta. Tankkien suojana on oltava painolastitankit kaksoispohjassa ja laidoituksessa. Lastitankit eivät saa rajoittua konehuoneeseen, vaan välissä on oltava joitain muita tankkeja tai kuivatankki eli kofferdam. (Tveit 2013.)

4.3 Tankkien muoto

Kemikaalitankkerin tankit suunnitellaan helposti puhdistettaviksi. Tankkien on oltava sileitä ja sisällettävä vähän nurkkia. Käyttämällä kuvan 5 korrugoituja pituus- ja poikittaislaipioita tankeissa saadaan perinteisten jäykisteiden aiheuttamat vaikeasti pestävät muodot poistettua. Poikittain korrugoidut laipiot ovat vielä pystykorruguituja helpompia pestä. Yläkannen jäykkääjät ja jäykisteet on useimmiten sijoitettu kannen yläpuolelle. Joissain tapauksissa painolastitankkeja tai kofferdameja on sijoitettu myös lastitankkien väliin. Tällöin laipioiden tukirakenteet on sijoitettu painolastitankin tai kofferdamin puolelle. Näin on saatu täysin sileä lastitankin pinta. (Alanko 2011, VIII-17.)



Kuva 5. Esimerkki korrugoiduista poikittais- ja pituuslaapiosta (Alanko 2011, VIII-17).

4.4 Tankkien varustelu

Tankit eivät ole vain pelkkiä säiliöitä kuljetettavalle aineelle. Lasti vaatii sen koko kuljetusprosessin aikana useita toimenpiteitä aina lastauksen valmistelusta lastin purun jälkihoitoon.

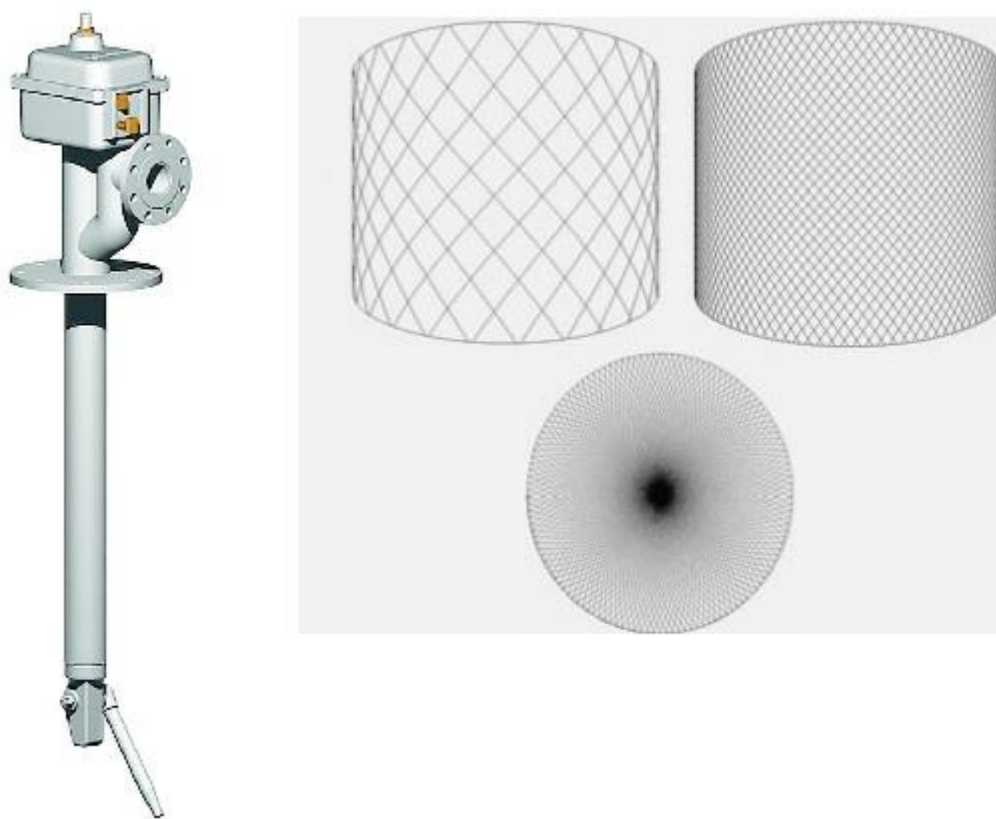
4.4.1 Pesu

Kemikaalit ovat tankin puhtauden suhteen paljon tarkempia kuin esimerkiksi raakaöljyt. Useille kemikaaleille riittää tankkien vesipesu. Jotkin kemikaalit vaativat pesun vahvemmilla aineilla. Myös samoille kemikaaleille voi olla eri vaatimukset pesun suhteen sen käyttötarkoituksen perusteella. Esimerkiksi kosmetiikkateollisuuteen päätyvä glykoli vaatii puhtaamman ja täysin hajuttoman tan-

kin verrattuna glykoliin, joka menee jäätymisenestokäyttöön. (Chemical Tanker Guide, 2014.)

Tankkien pesu suoritetaan tankeissa olevilla kiinteillä pesureilla. Tankeissa voi olla useampikin pesuri tankin koon mukaan. DNV:n säännön ETC mukaan vähintään 96 % pinnoista pitää puhdistua, mutta yleensä 100 %:n pesupeitto on vaadittu. (Alanko 2011, VIII-23.)

Pesuri on turbiinitoiminen. Pesurien suuttimet liikkuvat kahdessa tai kolmessa tasossa. Suutin pyörii kahden akselin ympäri luoden kuvan 6 tapaisen pesukuvion. Pesurin mallista riippuen saadaan eri pesuohjelmilla aikaiseksi erityyppisiä pesukuvioita tankin likaisuuden ja pesutarpeen mukaan.



Kuva 6. Tankkipesuri ja pesurin pesukuvio (Butterworth 2014).

Pesurin materiaali on korroosion kestävää ruostumatonta terästä. (DM Contract Specification 2013.)

Tankinpesujärjestelmä järjestetään niin, että sillä voidaan tehdä seuraavia toimintoja:

- Pesu kylmällä tai kuumalla merivedellä
- Pesu kylmällä tai kuumalla makealla vedellä
- Pesu käyttäen pesuaineita
- Lastiputkien pesu ja huuhtelu makealla vedellä
- Pesuveden lämmitys lastitankissa, ja saman pesuveden kierrätys saman tankin pesuun. Veden kierrätys toteutetaan lastipumpuilla.
- Energian talteenotto konehuoneen ylijäämälämmöstä ja slop-tankkien tyhjennysjärjestelmästä (Tveit 2013.)

4.4.2 Kuivaus

Pesun jälkeen tankit kuivataan. Kuivaus hoidetaan tuulettamalla tankkeja tehokkaasti puhaltimilla. Lopullinen kuivatus, lähinnä pohjalle jäävien lätäköiden takia, voidaan joutua suorittamaan mekaanisesti vesi-imurein, sienin ja rätein. (Chemical Tanker Guide 2014.)

4.4.3 Tuuletus ja P/V-venttiilit

Yli- tai alipaine lastitankissa voi aiheuttaa tankin muodonmuutoksia tai jopa repeämän. Lastauksen aikana tankissa olevaan ilman täytyy päästä tankista tarpeeksi tehokkaasti pois. Liian suuri lastausnopeus voi aiheuttaa liian suuren paineen tankkiin, kun laskennalliset virtausmäärät ylitetään. Samoin lastin purku voi aiheuttaa alipainetta väärin suoritettuna, tai jos tuuletusventtiilit ovat epäkunnossa. P/V-venttiili huolehtii tankin paineen säätelystä. Venttiilin ylipaine- ja alipainepuolen raja-arvoja manuaalisesti säätämällä saadaan tankin paine pysymään halutuissa rajoissa. Venttiilin pienin aukaisupaine on 0,2 baaria. P/V-venttiilin toimintahäiriön vuoksi on tankissa oltava varajärjestelmä. Se voi olla toinen P/V-venttiili tai korkea/matalapainehälytin.

Lastitankkien tuuletus perustuu järjestelmään, jossa puhaltamalla ilmaa tankkeihin saadaan tankkeihin muodostunut kaasu poistumaan poistoputkista. Järjestelmä voi koostua kiinteästi asennetuista putkistoista ja puhaltimista sekä tarvittaessa lämmittimistä tai kannettavista hydrauli- tai vesitoimisista puhaltimista. Siirrettävissä asennuksissa puhallin kiinnitetään tankin tuuletusluukkuun.

Kiinteästi asennettuihin tuuletusjärjestelmien painehäviöt on laskettava, jotta tarvittava puhaltimen staattinen paine saadaan määritettyä. (Tveit 2013.)

4.4.4 Suojakaasu

Useat kemikaalilastit on inertoitava, jotta tankkiin ei synny räjähdysvaarallista seosta. Lastitankin tyhjän tilan ilmaseos korvataan typpikaasulla N_2 . Myös putkissa oleva ilma ja kaasu korvataan typpikaasulla. Typen toimiessa inerttinä kaasuna reaktiot kemikaalien ja ilman välillä saadaan estettyä sekä räjähdysherkkä kaasuseos korvattua. Matkan aikana kaasupeittoa pitää ylläpitää vuotojen vuoksi. Eri tilanteisiin käytetään puhtaudeltaan eriasteista typpikaasua. Puhtaus on luokkaa 95–99,9 %. Typpikaasua tuotetaan typpigeneraattorilla. Typen tuottomäärä riippuu tarvittavasta typen puhtaudesta. Typpi varastoidaan kaasupulloihin ja tankkeihin. Säiliöt yhdistetään päätyppilinjaan paineenalennusventtiilien kautta.

Suojakaasun tuoton kapasiteetti on oltava vähintään 125 % lastin purkunopeudesta. Myös purkunopeuden lasku 80 prosenttiin kaasuntuotosta on mahdollista. (Tveit 2013.)

4.4.5 Korkeusanturit

Tietyt lastit vaativat erillisen high level -hälytyslaitteen lastitankkiin. Hälytin voi toimia koho-periaatteella, kapasitiivisella paineanturilla tai ultraäänellä. Hälytyspiste (high level alarm) on usein esiasetettu 95 % lastitankin tilavuudesta, high-high alarm 98 % lastitankin tilavuudesta. High level -hälytyslaitteen täytyy olla

erillinen normaalista lastin peilausjärjestelmästä. Myös 95 % ja 98 % hälytykset täytyy olla toisistaan riippumattomat ja erilliset.

Kun hälytys aktivoituu, sen pitää antaa valo- ja äänimerkin riittävän nopeasti, jotta järjestelmällinen lastauspumppujen alasajo ja venttiilien sulkeminen voidaan suorittaa. Pumppauksen keskeytys voi olla itsenäinen tai riippuvainen lastaajan toimenpiteistä.

Lämpötila-antureita tarvitaan, jotta lastin lämpötilaa voidaan tarkkailla. Tämä pitää tehdä varsinkin silloin kun se on IBC-säännösten vaatimaa. On tärkeää tietää lastin lämpötila, jotta lastin paino voidaan laskea. Myös tankkien pinnoitteilla on maksimilämpöraja. Useat kemikaalilastit ovat lämpöherkkiä ja voivat vahingoittua ylikuumenemisessa tai jos lasti pääsee jäähtymisen seurauksena kiinteytymään. Antureita voidaan asentaa myös mittaamaan laivan rakenteita lastijärjestelmän ulkopuolella. (Tveit 2013.)

Tankeissa on seuraavia mittalaitteita:

- Pinnankorkeuden mittausanturi
- Ylivuodon kontrollointilaitteisto
- Höyryntunnistin
- Painemittari
- Kiinteä kaasuntunnistin

4.4.6 Kaasuntunnistusjärjestelmä

Kiinteä kaasuntunnistusjärjestelmä pitää olla asennettuna seuraaviin tiloihin:

- Painolastitankit (tankin ala- ja yläosassa)
- Kofferdamit, void-tankit ja putkitilat (tankin alaosassa)
- Makeavesitankit (tankin ala- ja yläosassa)
- Painolastin pumppuhuoneet, jotka ovat lastitankin viereisiä (tankin alaosassa)

- Lastin pumppuhuoneet (itsenäinen järjestelmä SOLAS:in ja IBC-säännösten mukaan)

Kemikaalitankkerit on varustettava myös vähintään kahdella kannettavalla kaasunilmaisimella. Näitä pitää olla sekä leimahtaville kaasuille että myrkyllisille kaasuille, eli yhteensä neljä kappaletta. (Tveit 2013.)

4.5 ODME-järjestelmä

ODME-järjestelmä (Oil Discharge Monitoring Equipment, öljyn mereenpäästön mittaamislaitteisto) mittaa mereen päätyvän jäteveden öljypitoisuutta. Se pitää huolen, ettei mereen päätyvissä vesissä ole sallittujen rajapitoisuuksien ylittävää määrää öljyä.

4.6 Slop-tankit

Slop-tankkeihin kerätään esimerkiksi jätevettä. Tätä vettä syntyy muun muassa tankkien ja putkien jäämälastin pesuissa ja huuhteluissa. Jätevedessä olevien öljyjen annetaan erottua ja painua pohjaan slop-tankeissa.

5 LASTIJÄRJESTELMÄT

5.1 Lastipumput

Lastin poispumppaus hoidetaan lastitankkeihin sijoitetuilla kiinteillä uppopumpuilla (kuva 7). Pumput ovat itsesyöttäviä keskipakopumppuja. Pumpuilla ei ole imuputkistoa vaan pumppu toimii suoraan pohjakaivosta. Tällä on saatu poistettua imukanaviston aiheuttamat toimintaongelmat.

Pumpun pyörimisnopeutta voidaan säätää portaattomasti. Täydellä teholla pyöriessä pumppu tuottaa pienemmän paineen keveille lasteille ja suuremman paineen painavimmille lasteille. Jos useampi pumppu toimii rinnakkaisesti, on pumppujen paine-erot pidettävä samalla tasolla ylivuotojen ehkäisemiseksi. (Vadakayil 2014.)

Varsinaisen pumpun rikkoonnuttua tai muusta sen käytön estävästä syystä, on varalla oltava liikuteltava uppopumppu. Hätäpumput ovat useimmiten hydraulisesti toimivia ja ne lasketaan tankkiin puhdistusluukusta. (Tveit 2013.)



Kuva 7. Hydraulisesti toimiva lastipumppu (Framo 2014).

5.2 Lämmitys

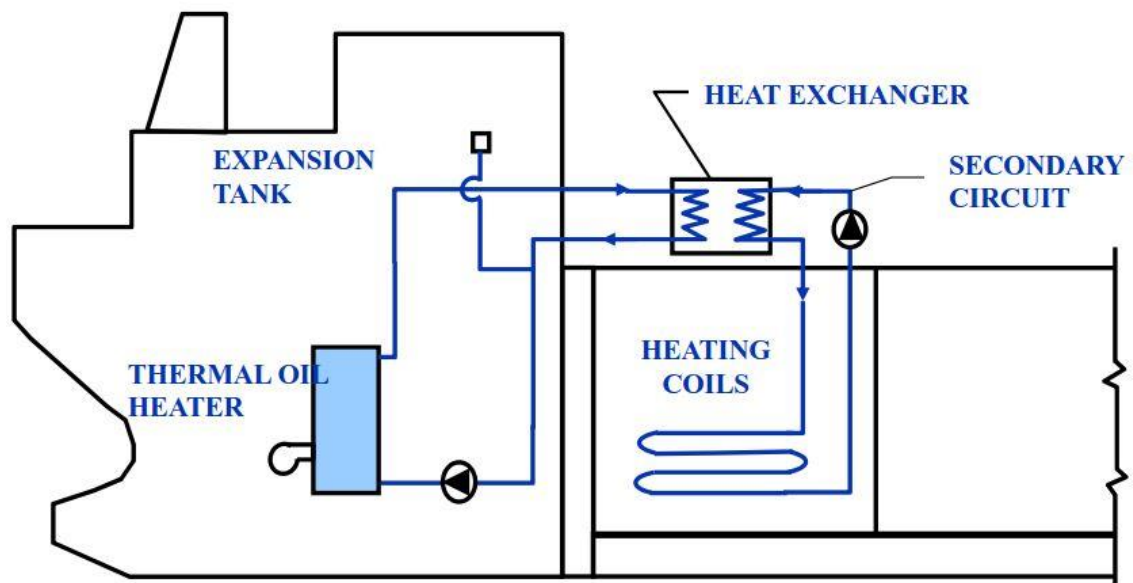
Lastia voidaan lämmittää tankkeihin sijoitetuilla lämmitysputkilla, ns. "slingaputkilla". Lastia joudutaan lämmittämään mm. seuraavista syistä;

- Lastin viskositeetin pienentämiseksi
- Jähmepisteen pienentämiseksi
- Samenemispisteen pienentämiseksi
- Kiteytymisen ehkäisemiseksi
- Jäätymisen ehkäisemiseksi
- Pesun helpottamiseksi
- Veteen liukoisuuden parantamiseksi
- Pohjakaivon tyhjäksi pumppaamiseksi
- Jäämien vähentämiseksi tankkiin (Vadakayil 2014.)

Putkistossa kiertää yleensä joko höyry, vesiglykoliseos tai kuumaöljy. Lämmitettävä lasti voi määrätä mitä menetelmää on käytettävä. Kuumaöljyä ei voi käyttää, jos lasti on kasviöljyä (määräys terveysviranomaisilta, ei IBC -koodista) tai se reagoi mineraaliöljyn kanssa. Höyryä tai vesiglykoliseosta ei voi käyttää, jos lasti on veden kanssa reagoivaa, esimerkiksi isosyanaattia. (Tveit 2013.)

Lämmitysjärjestelmät ovat useimmiten kaksipiirisiä. Tämä tarkoittaa sitä, että lastin kanssa kosketuksissa olevissa piireissä kiertää varsinaiseen lämmityspiiriin nähden eri neste. Lämpö siirtyy piiristä toiseen lämmönvaihtimen avulla. Kahden erillisen piirin taustalla on turvallisuussyyt. Jos lastia vuotaisi lämmityspiiriin, se ei pääsisi konetiloihin asti ja mahdollisesti höyrystymään sinne aiheuttaen vaaratilanteen. (Tveit 2013.)

Kuvassa 8 on kaavio kuumaöljykäyttöisestä kaksipiirisestä tankinlämmitysjärjestelmästä. Kuvassa 9 on slingaputkia lastitankissa.



Kuva 8. Kaavio kuumaöljykäyttöisestä kaksipiirisestä tankinlämmitysjärjestelmästä (Tveit 2013).



Kuva 9. Slingaputkia (Tveit 2013).

5.3 Jäähdytys

Osa kemikaalitankkerin lastitankeista voidaan varustaa jäähdytyslaitteistolla. Jäähdytystä tarvitaan tietyille lasteille haihtumisen ehkäisemiseksi. Lastin jäähdytys hoidetaan joko kiinteillä jäähdytyslaitteistoilla tai liikuteltavilla jäähdytysyksiköillä. (Tveit 2013.)

5.4 Lastin lämpötilan seuraaminen

Lastin lämpötilan seuraamisjärjestelmä on pakollinen. Tilanteesta riippuen sen täytyy olla kiinteä mittauslaite tai se voi olla myös kannettava mittauslaite. Kun tankeissa on lastia, jossa ylikuumeneminen voi aiheuttaa kemiallisen reaktion, täytyy tankkien olla varustettu lämpötilan valvonta- ja hälytysjärjestelmillä. Jos lastia lämmitetään yli 80 celsiusasteen, kiinteä mittauslaitteisto on pakollinen. Anturit täytyy olla pohjalla, keskellä ja pinnalla. (Tveit 2013.)

5.5 Kaasun paluulinja

Kun kemikaalitankkeria lastataan, osa lastista kaasuuntuu tankkiin. Nämä kaasut voidaan johtaa korkealle ilmaan P/V -venttiilien kautta. Koska kemikaalien höyryt satama-alueella eivät ole ihmisille eivätkä ympäristölle hyväksi, voidaan kaasut ottaa myös takaisin terminaaliin talteen tai tuhottavaksi. Tähän käytetään VECS (Vapour Emission Control System) -järjestelmää.

Sen, montako paluulinjaa on jakoyhteen tehty, määrittää sen, montaako eri lastia voidaan samanaikaisesti lastata käyttäen VECS-järjestelmää. Säännöt eivät määrää montako linjaa laivassa täytyy olla, mutta yleisesti kaksi tai useampi linja on olemassa.

VECS-järjestelmän kapasiteetti määritellään höyryn tiheyden ja höyrystymiskertoimen perusteella. Kemikaalitankkereille tiheydeksi on määritelty $3,6 \text{ kg/m}^3$ ja kertoimeksi 1,25. Lastausnopeus kerrotaan tällä kertoimella. Tulokseksi saadaan VECS-järjestelmän läpi kulkevan höyryn määrä. Kapasiteetin on riitettävä niin korkealle, että tankin paine ei nouse 80 prosenttiin P/V-venttiilien avautuspaineesta. Lastausnopeus ei myöskään saa olla suurempi kuin se nopeus, mikä alittaa tankin täyttymisen 98 prosenttisesti täyteen 60 sekunnissa. Kapasiteetti lasketaan vain ääritapauksista. (Tveit 2013; DM Basic Design 2014.)

5.6 Energian talteenotto

Jotta kemikaalitankkerin operointi olisi taloudellisesti kannattavaa, täytyy energiaa säästää aina kun se on mahdollista.

Kuten usein muissakin laivatyypeissä, kemikaalitankkerissa otetaan pakokaasujen ylimäärälämpöä talteen pakokaasukattiloilla. Tätä lämpöä voidaan käyttää vaikka tankinpesuveden lämmittämiseen. Käytettyä pesuvettä voidaan käyttää uudelleen joko suoraan tai siitä voidaan ottaa lämpöä talteen uutta vettä varten. (Tveit 2013.)

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli koota yhteen kemikaalitankkerin kansivarustelun laitteita ja järjestelmiä. Kaikki tärkeimmät laitteistot ja järjestelmät esiteltiin vähintään pääpiirteittäin ja hyvän yleiskatsauksen luoden. Uusille suunnittelijoille työ antaa hyvän peruskuvan kemikaalitankkerin olemuksesta.

Tarkoituksena oli löytää myös kansijärjestelysuunnitteluun vaikuttavia oleellisia tekijöitä. Näitä löytyi useita. Turvallisuuden huomioonottaminen suunnittelun jokaisessa kohdassa tuli monesti esille. Myös erilaisten sääntöjen ja suositusten vaikutus suunnitteluun huomioitiin työssä, vaikkakin niiden osuutta olisi voinut korostaa laajemmin. Kemikaalitankkerin lastin aiheuttamien erityisvaatimusten huomioiminen lastitankkien ja putkien suunnittelussa tuotiin työssä esille.

Aineistoa löytyi kohtuullisesti. Deltamarin Ltd:n omien tietokantojen materiaaleista oli suuri hyöty työn tekemisessä. Myös kirjaston ja sähköisten lähteiden tiedoista oli runsaasti apua.

Työtä voisi jatkaa ja kehittää pidemmälle syventymällä tarkemmin laitteistojen tekniikkaan, sääntöihin ja suunnitteluun. Esimerkiksi kemikaalitankkerin teknisten laitteiden ominaisuuksista, sijoittelusta sekä niitä koskevista säännöistä ja käytöstä voisi tehdä laajemman katsauksen. Myös kokemuksista suunnittelun toimivuudesta käytännössä voisi koota yhteenvedon.

LÄHTEET

Alanko, J. 2011. Johdatus kauppalaivan suunnitteluun, kolmas painos. Turku: Alanko.

Chemical Tanker Guide 2014. Viitattu 19.5.2014 <http://www.chemicaltankerguide.com/>

Danmarks Skibskredit A/S 2014. Viitattu 19.5.2014 <http://www.skibskredit.dk/>

Deltamarin Ltd, 2013. Duplex Stainless Steel Chemical Tanker, Contract Specification. Turku

Deltamarin Ltd, Basic Design Cargo Systems, sisäinen aineisto. Turku

International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code), 2014 <http://www.imo.org/>

Räisänen, P. (toimittanut) 2000. Laivatekniikka, Modernin laivarakennuksen käsikirja. Turku: Turun ammattikorkeakoulu

Tveit, O. 2013. Hudong Shipyard – DNV Chemical Tanker Seminar -aineisto.

Vadakayil, A. 2014. Chemical Tanker Blog. Viitattu 19.5.2014 <http://ajitvadakayil.blogspot.fi/>